

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN



TOMO I

**“ACTUALIZACIÓN Y MAPEO CATEGORIZADO DE
CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES URBANAS
DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

ARAMAYO GARCÍA FERNANDO

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE II - 2019

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ACTUALIZACIÓN Y MAPEO CATEGORIZADO DE
CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES
URBANAS DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

FERNANDO ARAMAYO GARCÍA

PROYECTO DE GRADO presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV – 502

SEMESTRE II - 2019

TARIJA-BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Fernando Mur Lagraba

.....
Ing. Oscar Chávez Calla

.....
Ing. Adolfo Molina López

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Al Padre Celestial porque sin él no sería posible terminar este trabajo.

A mis padres Norah y José, y mi hermana Silvia, por brindarme a lo largo de mi vida su amor, apoyo, paciencia y sus ejemplos de superación. Formándose en piezas fundamentales para mi formación académica.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermana por forjar mi camino, su inmenso cariño y aliento inquebrantable hizo posible este trabajo

Y a alguien que siempre me persuadió a seguir adelante.

“La paciencia y perseverancia tienen un efecto mágico por el cual las dificultades desaparecen y los obstáculos se desvanecen”

John Quincy Adams

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1. SITUACION PROBLEMÁTICA	3
1.3.2. PROBLEMA	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5. HIPÓTESIS	4
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES	4
1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	4
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES	4
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO	5
1.7.1. COMPONENTES	6
1.7.1.1. UNIDAD	6
1.7.1.2. POBLACIÓN	6
1.7.1.3. MUESTRA	6
1.7.1.4. MUESTREO	6
1.7.1.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	7
1.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	8

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES URBANAS

	Página
2.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO	10
2.1.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO	11
2.1.1.1. ELEMENTO USUARIO.....	11
a) EL CONDUCTOR.....	11
b) EL PEATÓN.....	13
2.1.1.2. ELEMENTO VEHÍCULO	14
2.1.1.3. ELEMENTO VÍA	16
a) PARTES INTEGRANTES DE UNA VIA	16
2.2. TRANSPORTE URBANO.....	17
2.2.1. VÍAS URBANAS.....	18
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS URBANAS	20
2.2.3. PARTES DE UNA VÍA URBANA.....	21
2.3. VELOCIDAD	22
2.4. VOLUMEN	25
2.4.1. AFOROS DE VOLÚMENES	26
2.4.1.1. AFOROS MANUALES.....	26
2.4.1.2. AFOROS AUTOMÁTICOS.....	27
2.5. CAPACIDAD	29
2.5.1.- CAPACIDAD EN VÍAS DE FLUJO INTERRUMPIDO	29
2.6.- NIVEL DE SERVICIO	36
2.6.1. CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE SERVICIOS	36
2.7. SEÑALIZACIÓN VIAL.....	39
2.7.1. TIPOS DE SEÑALES	39
a) SEÑALES VERTICALES	40
b) SEÑALES HORIZONTALES	48
2.8. SEMAFORIZACIÓN	55

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	Página
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	61
3.2. PROCESO DE ESTUDIO	62
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	62
3.2.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	62
3.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	65
3.2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO	145
3.3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DE LAS CALLES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARIJA	167
3.3.1. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	167
3.3.2. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	171
3.3.3. TABLA DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	175
3.3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	177

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. CONCLUSIONES	185
4.2. RECOMENDACIONES	189
BIBLIOGRAFÍA	191

ANEXOS

ANEXO I PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO

ANEXO II VOLÚMENES TOTALES

ANEXO III PORCENTAJES DE GIROS Y VEHICULOS PESADOS

ANEXO IV CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

ANEXO V PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Diseño metodológico	5
Figura 2.1. Partes integrantes de una vía.....	17
Figura 2.2. Partes integrantes de una calle urbana	21
Figura 2.3. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido..	33
Figura 2.4. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido..	34
Figura 2.5. Señales reglamentarias 1.....	41
Figura 2.6. Señales reglamentarias 2.....	42
Figura 2.7. Señales preventivas 1	44
Figura 2.8. Señales preventivas 2.....	45
Figura 2.9. Señales informativas.....	47
Figura 2.10. Ángulo de entrada y observación de las demarcaciones (señalización horizontal)	52
Figura 2.11. Señalización en intersecciones	54
Figura 2.12. Localización de las caras del semáforo en el lado más cercano del acceso de la intersección	58
Figura 2.13. Semáforos montados en ménsula sujeta a poste lateral	59
Figura 2.14. Semáforos montados en postes o en ménsula corta.....	59
Figura 2.15. Posición de las lentes en un semáforo de tres luces.....	60
Figura 3.1. Ubicación de la zona de estudio	61
Figura 3.2. Puntos de estudio	64
Figura 3.3. Croquis de la intersección – Punto de estudio 1	65
Figura 3.4. Vista de la intersección – Punto de estudio 1	66
Figura 3.5. Croquis de la intersección – Punto de estudio 2.....	67
Figura 3.6. Vista de la intersección – Punto de estudio 2	68
Figura 3.7. Croquis de la intersección – Punto de estudio 3.....	69
Figura 3.8. Vista de la intersección – Punto de estudio 3	70
Figura 3.9. Croquis de la intersección – Punto de estudio 4.....	71
Figura 3.10. Vista de la intersección – Punto de estudio 4	72

Figura 3.11. Croquis de la intersección – Punto de estudio 5	73
Figura 3.12. Vista de la intersección – Punto de estudio 5	74
Figura 3.13. Croquis de la intersección – Punto de estudio 6	75
Figura 3.14. Vista de la intersección – Punto de estudio 6	76
Figura 3.15. Croquis de la intersección – Punto de estudio 7	77
Figura 3.16. Vista de la intersección – Punto de estudio 7	78
Figura 3.17. Croquis de la intersección – Punto de estudio 8	79
Figura 3.18. Vista de la intersección – Punto de estudio 8	80
Figura 3.19. Croquis de la intersección – Punto de estudio 9	81
Figura 3.20. Vista de la intersección – Punto de estudio 9	82
Figura 3.21. Croquis de la intersección – Punto de estudio 10	83
Figura 3.22. Vista de la intersección – Punto de estudio 10	84
Figura 3.23. Croquis de la intersección – Punto de estudio 11	85
Figura 3.24. Vista de la intersección – Punto de estudio 11	86
Figura 3.25. Croquis de la intersección – Punto de estudio 12	87
Figura 3.26. Vista de la intersección – Punto de estudio 12	88
Figura 3.27. Croquis de la intersección – Punto de estudio 13	89
Figura 3.28. Vista de la intersección – Punto de estudio 13	90
Figura 3.29. Croquis de la intersección – Punto de estudio 14	91
Figura 3.30. Vista de la intersección – Punto de estudio 14	92
Figura 3.31. Croquis de la intersección – Punto de estudio 15	93
Figura 3.32. Vista de la intersección – Punto de estudio 15	94
Figura 3.33. Croquis de la intersección – Punto de estudio 16	95
Figura 3.34. Vista de la intersección – Punto de estudio 16	96
Figura 3.35. Croquis de la intersección – Punto de estudio 17	97
Figura 3.36. Vista de la intersección – Punto de estudio 17	98
Figura 3.37. Croquis de la intersección – Punto de estudio 18	99
Figura 3.38. Vista de la intersección – Punto de estudio 18	100
Figura 3.39. Croquis de la intersección – Punto de estudio 19	101
Figura 3.40. Vista de la intersección – Punto de estudio 19	102
Figura 3.41. Croquis de la intersección – Punto de estudio 20	103

Figura 3.42. Vista de la intersección – Punto de estudio 20	104
Figura 3.43. Croquis de la intersección – Punto de estudio 21	105
Figura 3.44. Vista de la intersección – Punto de estudio 21	106
Figura 3.45. Croquis de la intersección – Punto de estudio 22	107
Figura 3.46. Vista de la intersección – Punto de estudio 22	108
Figura 3.47. Croquis de la intersección – Punto de estudio 23	109
Figura 3.48. Vista de la intersección – Punto de estudio 23	110
Figura 3.49. Croquis de la intersección – Punto de estudio 24	111
Figura 3.50. Vista de la intersección – Punto de estudio 24	112
Figura 3.51. Croquis de la intersección – Punto de estudio 25	113
Figura 3.52. Vista de la intersección – Punto de estudio 25	114
Figura 3.53. Croquis de la intersección – Punto de estudio 26	115
Figura 3.54. Vista de la intersección – Punto de estudio 26	116
Figura 3.55. Croquis de la intersección – Punto de estudio 27	117
Figura 3.56. Vista de la intersección – Punto de estudio 27	118
Figura 3.57. Croquis de la intersección – Punto de estudio 28	119
Figura 3.58. Vista de la intersección – Punto de estudio 28	120
Figura 3.59. Croquis de la intersección – Punto de estudio 29	121
Figura 3.60. Vista de la intersección – Punto de estudio 29	122
Figura 3.61. Croquis de la intersección – Punto de estudio 30	123
Figura 3.62. Vista de la intersección – Punto de estudio 30	124
Figura 3.63. Croquis de la intersección – Punto de estudio 31	125
Figura 3.64. Vista de la intersección – Punto de estudio 31	126
Figura 3.65. Croquis de la intersección – Punto de estudio 32	127
Figura 3.66 Vista de la intersección – Punto de estudio 32	128
Figura 3.67. Croquis de la intersección – Punto de estudio 33	129
Figura 3.68 Vista de la intersección – Punto de estudio 33	130
Figura 3.69. Croquis de la intersección – Punto de estudio 34	131
Figura 3.70 Vista de la intersección – Punto de estudio 34	132
Figura 3.71. Croquis de la intersección – Punto de estudio 35	133
Figura 3.72 Vista de la intersección – Punto de estudio 35	134

Figura 3.73. Croquis de la intersección – Punto de estudio 36.....	135
Figura 3.74 Vista de la intersección – Punto de estudio 36	136
Figura 3.75. Croquis de la intersección – Punto de estudio 37	137
Figura 3.76 Vista de la intersección – Punto de estudio 37	138
Figura 3.77. Croquis de la intersección – Punto de estudio 38.....	139
Figura 3.78 Vista de la intersección – Punto de estudio 38	140
Figura 3.79. Horas pico – Avenida San Luis	146
Figura 3.80. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido	169
Figura 3.81. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas de doble sentido	170
Figura 3.82. Capacidad teórica del acceso 1 del punto de estudio 1.....	171
Figura 3.83. Capacidades vs puntos de estudio.....	180
Figura 3.68. Niveles de servicio vs puntos de estudio	181

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Características de los vehículos más frecuentes	15
Tabla 2.2. Clasificación del nivel de servicio	38
Tabla 3.1. Puntos de estudio	64
Tabla 3.2. Descripción de la intersección – Punto de estudio 1.....	65
Tabla 3.3. Descripción de la intersección – Punto de estudio 2.....	67
Tabla 3.4. Descripción de la intersección – Punto de estudio 3.....	69
Tabla 3.5. Descripción de la intersección – Punto de estudio 4.....	71
Tabla 3.6. Descripción de la intersección – Punto de estudio 5.....	73
Tabla 3.7. Descripción de la intersección – Punto de estudio 6.....	75
Tabla 3.8. Descripción de la intersección – Punto de estudio 7.....	77
Tabla 3.9. Descripción de la intersección – Punto de estudio 8.....	79
Tabla 3.10. Descripción de la intersección – Punto de estudio 9.....	81
Tabla 3.11. Descripción de la intersección – Punto de estudio 10.....	83
Tabla 3.12. Descripción de la intersección – Punto de estudio 11.....	85
Tabla 3.13. Descripción de la intersección – Punto de estudio 12.....	87
Tabla 3.14. Descripción de la intersección – Punto de estudio 13.....	89
Tabla 3.15. Descripción de la intersección – Punto de estudio 14.....	91
Tabla 3.16. Descripción de la intersección – Punto de estudio 15.....	93
Tabla 3.17. Descripción de la intersección – Punto de estudio 16.....	95
Tabla 3.18. Descripción de la intersección – Punto de estudio 17.....	97
Tabla 3.19. Descripción de la intersección – Punto de estudio 18.....	99
Tabla 3.20. Descripción de la intersección – Punto de estudio 19.....	101
Tabla 3.21. Descripción de la intersección – Punto de estudio 20.....	103
Tabla 3.22. Descripción de la intersección – Punto de estudio 21.....	105
Tabla 3.23. Descripción de la intersección – Punto de estudio 22.....	107
Tabla 3.24. Descripción de la intersección – Punto de estudio 23.....	109
Tabla 3.25. Descripción de la intersección – Punto de estudio 24.....	111
Tabla 3.26. Descripción de la intersección – Punto de estudio 25.....	113

Tabla 3.27. Descripción de la intersección – Punto de estudio 26.....	115
Tabla 3.28. Descripción de la intersección – Punto de estudio 27.....	117
Tabla 3.29. Descripción de la intersección – Punto de estudio 28.....	119
Tabla 3.30. Descripción de la intersección – Punto de estudio 29.....	121
Tabla 3.31. Descripción de la intersección – Punto de estudio 30.....	123
Tabla 3.32. Descripción de la intersección – Punto de estudio 31.....	125
Tabla 3.33. Descripción de la intersección – Punto de estudio 32.....	127
Tabla 3.34. Descripción de la intersección – Punto de estudio 33.....	129
Tabla 3.35. Descripción de la intersección – Punto de estudio 34.....	131
Tabla 3.36. Descripción de la intersección – Punto de estudio 35.....	133
Tabla 3.37. Descripción de la intersección – Punto de estudio 36.....	135
Tabla 3.38. Descripción de la intersección – Punto de estudio 37.....	137
Tabla 3.39. Descripción de la intersección – Punto de estudio 38.....	139
Tabla 3.40. Distritos de la ciudad de Tarija	141
Tabla 3.41. Valores de horas pico Av. San Luis	145
Tabla 3.42. Datos aforados semana 1 – Punto de estudio 1	146
Tabla 3.43. Datos aforados semana 2 – Punto de estudio 1	148
Tabla 3.44. Datos aforados semana 3 – Punto de estudio 1	149
Tabla 3.45. Datos aforados semana 4 – Punto de estudio 1	150
Tabla 3.46. Volúmenes totales – Hora 7:00 – 8:00.....	152
Tabla 3.47. Volúmenes totales – Hora 12:00 – 13:00.....	152
Tabla 3.48. Volúmenes totales – Hora 18:00 – 19:00.....	153
Tabla 3.49. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1	154
Tabla 3.50. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)	155
Tabla 3.51. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1	157
Tabla 3.52. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)	157
Tabla 3.53. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1	159
Tabla 3.54. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)	159

Tabla 3.55. Volumen total del acceso 1 – Punto de estudio 1 (media de las medias)	160
Tabla 3.56. Porcentajes de maniobras en las horas pico para el acceso 1 – Punto de estudio 1	161
Tabla 3.57. Porcentaje de vehículos pesados - Punto de estudio 1	162
Tabla 3.58. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – Punto de estudio 1.....	165
Tabla 3.59. Porcentajes de giros y vehículos pesados de la intersección - Punto de estudio 1	166
Tabla 3.60. Clasificación del nivel de servicio del acceso 1 del punto de estudio 1.	174
Tabla 3.61. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 1	174
Tabla 3.62. Tabla resumen de resultados de la capacidad y nivel de servicio de los 30 puntos de estudio	175
Tabla 3.63. Cuadro comparativo capacidad y nivel de servicio de las intersecciones más críticas por distrito	177
Tabla 3.64. Tabla capacidad de máxima, media y mínima	178
Tabla 3.65. Tabla capacidad de menor a mayor.....	178
Tabla 3.66. Tabla de resultados nivel de servicio A	181
Tabla 3.67. Tabla de resultados nivel de servicio B	182
Tabla 3.68. Tabla de resultados nivel de servicio C	182
Tabla 3.69. Tabla de resultados nivel de servicio D	182
Tabla 3.70. Tabla de resultados nivel de servicio E.....	183
Tabla 3.71. Tabla de resultados nivel de servicio F.....	183